

**TRANSFORMER-LIFE-MANAGEMENT  
CONFERENCE**

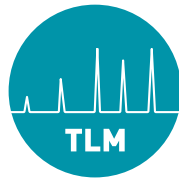
**Zusammenspiel konventioneller und erneuerbarer  
Stromerzeugung**

**Dr. Thomas Krüger  
Vattenfall Generation**



- 1996 –2001 Studium der Elektrotechnik an der BTU Cottbus
- 2001 – 2007 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Elektrische Maschinen und Antriebstechnik der BTU Cottbus
- 2006 Promotion zum Dr.-Ing.
- 2007 –2013 Mitarbeiter der Abteilung Modernisierung und Effektivitätssteigerung im Fachbereich Elektro- und Leittechnik bei der Vattenfall Europe Generation AG
- 2013 – heute Mitarbeiter des Bereichs Asset Management und Operational Excellence bei der Vattenfall Europe Generation AG





## TRANSFORMER-LIFE-MANAGEMENT CONFERENCE

# Zusammenspiel konventioneller und erneuerbarer Stromerzeugung

### Transformer Life Management Tagung 2015

(21. September bis 22. September im Radisson Blu Hotel, Oberaltenburg 4, 06217 Merseburg)

#### Zusammenspiel konventioneller und erneuerbarer Stromerzeugung

Dr. Stephanie Tappe  
Dr. Thomas Krüger

#### Energiemix 2015 und die Entwicklung bis 2025

Der ständig steigende Anteil Erneuerbarer Energien und die Vorrangregeln zur Einspeisung in die Energieversorgungsnetze führen zu Veränderungen und neuen Herausforderungen für die konventionellen Erzeugungsanlagen in Deutschland.

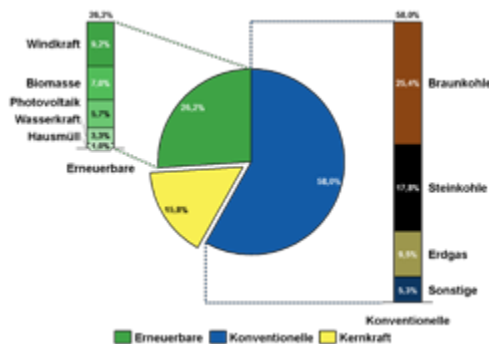


Bild 1: Bruttostromerzeugung in Deutschland 2014 [4]

Insgesamt ist in Deutschland eine Leistung von rund 190 GW zur Stromerzeugung installiert. Der Anteil installierter Windkraftkapazität (On- und Offshore) beläuft sich mittlerweile auf über 36 GW elektrische Leistung. Photovoltaikanlagen haben mittlerweile einen Anteil von etwa 38 GW erreicht (Quelle: BMWi Stichtag 17.12.2014), in Bild 1 ist die Bruttostromerzeugung nach Energieträgern dargestellt.

Dies führt dazu, dass bei entsprechenden Wetterbedingungen über 40 % des deutschen Strombedarfs aus Wind- und Photovoltaikanlagen gedeckt werden können. Bild 2 zeigt die Deckung des Strombedarfs nach Energieträgern im Januar 2015, deutlich erkennbar ist das Absinken konventioneller Braun- und Steinkohlekraftwerke bei Einspeisung erneuerbarer Energien.

Der Einspeisevorrang der Erneuerbaren Energien hat zwei wesentliche Folgen auf den Betrieb von konventionellen Kraftwerken. Ein Großteil der Windeinspeisung wird an der Börse gehandelt, somit ändert sich die Zusammensetzung der gehandelten Stromvolumina. Da in solchen Situationen die kostengünstigste konventionelle Stromerzeugung aus dem Markt gedrängt wird,

sinken die Börsenpreise entsprechend. Dies führt dazu, dass in einigen Zeitspannen sogar negative Preise zu verzeichnen sind. Das Jahr 2015 scheint hierbei einen neuen Rekord zu brechen. Im ersten Halbjahr waren bereits 81 Stunden mit negativen Preisen an der Börse zu registrieren. Parallel sinkt der durchschnittliche Börsenpreis stetig. Daraus wird ersichtlich, dass sich ein ökonomischer Betrieb der Anlagen zunehmend schwieriger gestaltet.

Darüber hinaus treten in den Stromnetzen Engpässe auf, die zu sogenannten Redispatchmaßnahmen führen. Dabei werden in der Regel konventionelle Kraftwerke in ihrer elektrischen Ausspeiseleistung eingesenkt. Ursache hierfür sind unter anderem nicht ausreichende Transportkapazitäten von den im Bereich der Erneuerbaren Energien erzeugungsstarken Gebiete im Norden in den Süden Deutschlands. Dies führt zu einem Rückgang der Betriebsstunden konventioneller Kraftwerke, mit der Folge einer erhöhten Anlagenbeanspruchung durch vermehrte An- und Abfahrvorgänge und häufigere Lastwechsel.

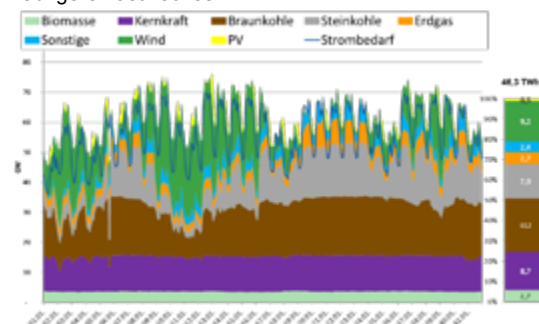


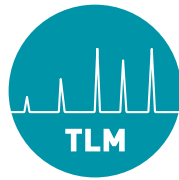
Bild 2: Deckung des deutschen Strombedarfs im Januar 2015

Diese Situation stellt neue Anforderungen und Herausforderung an die Kraftwerksbetreiber, da der Einsatz der Kraftwerke sich in kürzester Zeit gewandelt hat.

Eine Möglichkeit, auf diese Entwicklung zu reagieren besteht darin, die Kraftwerke zu flexibilisieren.

#### Zusammenspiel Erneuerbarer Energien und konventioneller Kraftwerke

Wie im ersten Kapitel gezeigt stellt der Einspeisevorrang der Erneuerbaren Energien die



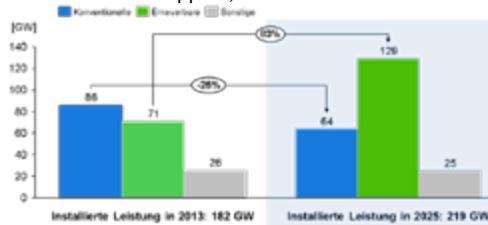
## TRANSFORMER-LIFE-MANAGEMENT CONFERENCE

# Zusammenspiel konventioneller und erneuerbarer Stromerzeugung

### Transformer Life Management Tagung 2015

(21. September bis 22. September im Radisson Blu Hotel, Oberaltenburg 4, 06217 Merseburg)

Betreiber konventioneller Kraftwerke hinsichtlich der Flexibilisierung ihrer Anlagen vor neue Herausforderungen. Die Anforderungen werden in Zukunft noch weiter wachsen. In den nächsten 10 Jahren wird sich der Anteil installierter Leistung Erneuerbarer Energien bei einer gleichbleibenden Last von maximal 84 GW auf ca. 129 GW für Deutschland verdoppeln, siehe Bild 3.



**Bild 3:** Entwicklung der installierten Leistung in 2015

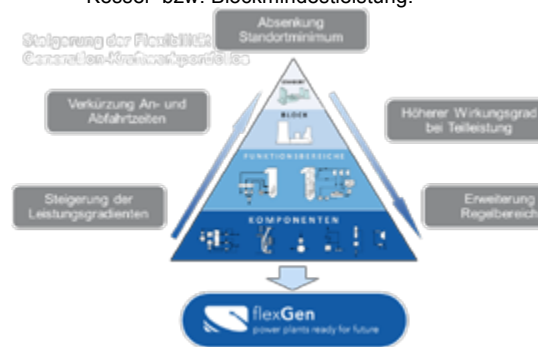
#### Unsere Antwort – Das FlexGen-Programm

Die Vattenfall Europe Generation AG betreibt an vier Standorten in Brandenburg und Sachsen braunkohlebefeuerte Kraftwerksanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von rund 8 GW. Diese Anlagen befinden sich in der Regelzone der 50 Hertz Transmission GmbH, die sich über die östlichen Bundesländer und Hamburg erstreckt. Diese Kraftwerke sind hochmodern, teilweise wurden sie im Laufe der letzten Jahre modernisiert. Sie wurden als Grundlastkraftwerke gebaut und bisher auch betrieben. Neben den Braunkohlekraftwerken der Vattenfall Europe Generation AG befinden sich in dieser Regelzone weitere konventionelle Kraftwerke mit einer installierten Leistung von 14 GW und rund 23 GW Wind- und Photovoltaikanlagen sowie Pumpspeicherkraftwerke mit einer elektrischen Leistung von ca. 3 GW. Demgegenüber stehen eine geringe Einwohnerdichte und wenig Industriebetriebe auf der Verbraucherseite. Die Antwort auf die weitersteigenden Anforderungen durch den Zubau erneuerbarer Energien ist die Erweiterung des Betriebsbereichs der braunkohlebefeuerten Kraftwerke durch technische Anpassungen mit dem Ziel, bei einer volatilen Energieerzeugung durch die Erneuerbaren Energien weiterhin eine zuverlässige Stromerzeugung sicherzustellen.

2013 wurde bei der Vattenfall Europe Generation AG das FlexGen-Programm ins Leben gerufen, mit dem Ziel die Flexibilität der braunkohlebefeuerten Kraftwerke zu erhöhen. Hier werden sämtliche Maßnahmen gebündelt und koordiniert, die die Kraftwerke flexibler machen.

Die Schwerpunkte des FlexGen-Programms sind im Wesentlichen (Bild 4):

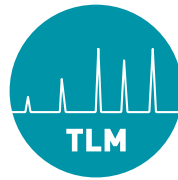
- Absenkung der elektrischen Ausspeiseleistung eines Kraftwerksstandortes unter Gewährleistung aller Versorgungsverpflichtungen, wie Fernwärmebereitstellung und Prozessdampfauskopplung
- Erweiterung des Regelbereichs der Kraftwerke mit Fokus auf Absenkung der Kessel- bzw. Blockmindestleistung.



**Bild 4:** Betrachtungsebenen zur Charakteristik der Flexibilität eines Kraftwerksstandortes

- Der Betrieb in Teillast hatte bisher eine untergeordnete Bedeutung. Ziel ist es Betriebseinstellungen in diesem Bereich zu optimieren.
- Zukünftig steigt der Bedarf weiter an, volatile Schwankungen in der Stromerzeugung kurzfristig auszugleichen. Somit steht die Optimierung und Erhöhung der Lastgradienten ebenfalls im Fokus des FlexGen-Programms.
- Zum besseren kurzfristigen Ausgleich der volatilen Erzeugung ist ein häufigeres Abfahren und somit auch wieder Anfahren erforderlich. Daher ist es wichtig, die Anfahrprozesse zu optimieren und zu verkürzen.
- Die flexible Fahrweise erhöht die Beanspruchung einzelner Komponenten deutlich. Somit ist es eine weitere Aufgabe des FlexGen-Programms, die Auswirkungen einer flexiblen Fahrweise auf Instandhaltungsregimes und Lebensdauerverbrauch zu erfassen und Maßnahmen zu definieren, um sie zu reduzieren.

Wurden in den vergangenen Jahren technische Anpassungen vornehmlich zur Erhöhung der Effizienz im Vollastbereich durchgeführt, ergibt sich durch die geänderten Anforderungen die Notwendigkeit der Erhöhung der Flexibilität der



## TRANSFORMER-LIFE-MANAGEMENT CONFERENCE

# Zusammenspiel konventioneller und erneuerbarer Stromerzeugung

### Transformer Life Management Tagung 2015

(21. September bis 22. September im Radisson Blu Hotel, Oberaltenburg 4, 06217 Merseburg)

Kraftwerke bzw. der Kraftwerksstandorte. Folgende Punkte bieten dabei die Möglichkeit die Flexibilität zu erhöhen:

- Optimierung der Ausnutzung der bestehenden Anlagen- und Beschaffenheitsmerkmale
- Überprüfung von Betriebsabläufen und Optimierung der Betriebseinstellungen
- Optimierung von Teilkomponenten
- Ersatz von Teilkomponenten durch solche mit flexibleren Eigenschaften
- Integration neuer Teil-Technologien in den Prozess

Maßnahmen zur Erhöhung der Flexibilität werden seit 2011 fortlaufend umgesetzt. Einer der Schwerpunkte ist die Erweiterung des Regelbereichs der Dampferzeuger bzw. des gesamten Blocks.

#### Reduzierung der Standortminima

Die einzelnen Kraftwerksstandorte haben neben der Erzeugung von Strom, weitere Versorgungsaufgaben. So wird von sämtlichen Standorten der Vattenfall Europe Generation AG Fernwärme ausgekoppelt, um naheliegende Ortschaften zu versorgen. In vielen Stunden im Jahr deckt das KW Lippendorf beispielsweise den gesamten Fernwärmebedarf der Stadt Leipzig. Neben der Fernwärme ist in Schwarze Pumpe die Versorgung des naheliegenden Industrieareals mit Prozessdampf eine wichtige Versorgungsaufgabe. Zudem erfolgt die Mitverbrennung von Klärschlamm bzw. Sekundärbrennstoffen was eine definierte Mindestleistung des Kraftwerkes erfordert. Hier gilt es, die elektrische Ausspeiseleistung unter der Prämisse weiter zu verringern, dass sämtliche oben angesprochenen Versorgungsaufgaben und Dienstleistungen ebenfalls bereitgestellt werden können.

#### Reduzierung Blockmindestleistung

Braunkohlekraftwerke wurden in den letzten Jahren bis zu einer Blockmindestleistung von ca. 50 % betrieben.

Im Rahmen des FlexGen-Programms wurde die Blockmindestleistung auf bis zu 30 % gesenkt.

Für die Feuerung bedeutet dies insbesondere eine Optimierung des unteren Teilleistungsbereichs. Durch den Übergang vom Zwangsdurchlauf- und den Umwälzbetrieb ist es möglich, die Kesselleistung deutlich abzusenken. Durch den Einsatz von Flammenüberwachungssystemen für die Dampferzeuger ist ein sicherer Betrieb auch bei abgesenkter Kesselmindestleistung möglich.

#### Erhöhung der Laständerungsgeschwindigkeiten

Eine Erhöhung der Laständerungsgeschwindigkeit kann insbesondere durch ein optimiertes Zusammenspiel des Feuerungssystem

mit dem Wasser-Dampf-System erreicht werden. Mit Hilfe von verfahrenstechnischen Maßnahmen, wie z.B. Kondensatstau, kann dem Wasser-Dampf-System kurzfristig eine größere Energiemenge entnommen werden, die durch eine zeitnahe Anpassung der Feuerungsleistung kompensiert wird. Allerdings ist hier zu beachten, dass die Beanspruchung einzelner Komponenten, insbesondere der dickwandigen Bauteile aufgrund von Wechselbeanspruchung steigt und damit ein erhöhter Lebensdauerverbrauch mit diesen Maßnahmen einhergeht.

#### Integration neuer Technologien

Die Installation einer Zünd- und Stützfeuerung auf Basis von Trockenbraunkohle (TBK) ist ein weiteres Beispiel zur Erhöhung der Flexibilität von Braunkohleblöcken. Hierbei wurden die heizölbetriebenen Zündbrenner durch TBK-Brenner ausgetauscht. Die Innovation der Technologie liegt in der Zündung des Brennstoffs. Die TBK wird mit einem Plasma gezündet. Diese Technologie wird weltweit, erstmalig in einem konventionellen Kraftwerksblock, angewendet. Zusätzlich wurde die gesamte Infrastruktur um die Vorlage der TBK in Form eines Silos und die Förderung und Dosiereinrichtungen erweitert. Somit ist es möglich, die Kesselmindestleistung deutlich weiter abzusenken, so dass eine Blockmindestleistung von etwa 20% angestrebt wird. Dies wirkt sich positiv auf die Einsatzfähigkeit des Blockes aus, da aufgrund der abgesenkten Mindestleistung Abfahrvorgänge vermieden werden können. Darüber hinaus können die TBK-Brenner kurzfristig zugeschaltet werden, um zum Beispiel die Leistungsgradienten zu erhöhen.

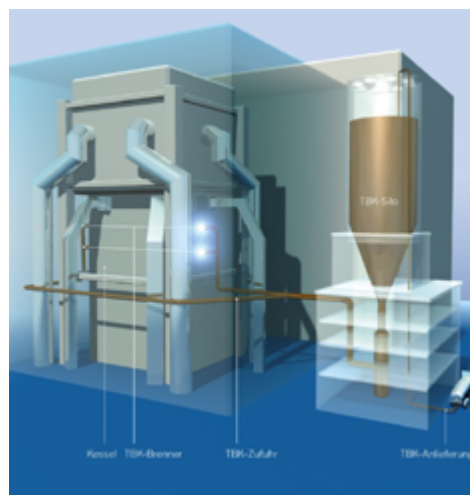
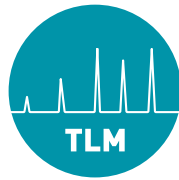


Bild 5: Schema der TBK-Zünd- und Stützfeuerung am Standort KW Jänschwalde



## TRANSFORMER-LIFE-MANAGEMENT CONFERENCE

# Zusammenspiel konventioneller und erneuerbarer Stromerzeugung

### Transformer Life Management Tagung 2015

(21. September bis 22. September im Radisson Blu Hotel, Oberaltenburg 4, 06217 Merseburg)

Die beschriebene TBK Zünd- und Stützfeuerung wurde im Herbst 2014 errichtet. Zur Zeit steht die Inbetriebsetzung bzw. die Optimierung der Anlage kurz vor dem Abschluss.

Die Förderung durch das Bundeswirtschaftsministerium unterstreicht hierbei die Relevanz und Bedeutung der Technikentwicklung für zukünftige Kraftwerkskonzepte.

#### Zusammenfassung

Der weitere Ausbau der Erneuerbaren Energien wird in den nächsten Jahren auf 40 % bis 45 % Anteil an der Bruttostromerzeugung in 2025 steigen. Für das Jahr 2035 ist sogar ein Anteil von 55 % bis 60 % angestrebt.

Dies wird zu Veränderungen auf dem deutschen Strommarkt führen. Die volatile Einspeisung wirkt sich direkt auf den Betrieb der konventionellen Kraftwerke, insbesondere auch der Braunkohlekraftwerke aus.

Selbst wenn es gelingt, Speichermöglichkeiten für die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien zu realisieren und die Einspeisung der dieser volatilen Erzeugung planbar zu gestalten, wird dieses System viele Herausforderungen zu meistern haben.

Hierbei ist die Bereitstellung von Regelleistung und die Flexibilität der Braunkohlekraftwerke im Besonderen ein entscheidender Baustein für eine sichere Stromversorgung, unabhängig von den Wetterverhältnissen.

Über die bereits erzielten Flexibilitätserhöhungen hinaus wird es für die Braunkohlekraftwerke darauf ankommen, weitere Potenziale für ein partnerschaftliches Nebeneinander mit der erneuerbaren Stromerzeugung zu heben.

Vattenfalls Ansatzpunkte für diese Herausforderungen sind die Erweiterung der Regelbereiche und die Absenkung der Blockmindestleistung der Kraftwerke. Ein weiterer Punkt ist die Anhebung der Leistungsgradienten. Dies wurde durch Modifikationen im Bereich der Feuerung und der Kesseltechnik erreicht.

Darüber hinaus bieten die Integration von neuen Technologien, wie zum Beispiel der Einsatz von Trockenbraunkohle für den Anfahr- und Mindestleistungsbetrieb oder die integrierte Trocknung von Braunkohle interessante Potenziale, um die erforderliche Flexibilisierung für die Erzeugungsanforderungen der Zukunft zu meistern.

Braunkohlekraftwerke stellen eine flexible elektrische Einspeiseleistung bereit. Dies ist ein wichtiger Schritt für eine sichere und importunabhängige Stromversorgung.

Dieses Paket an Maßnahmen soll die Braunkohlekraftwerke, auch im Kontext des weiteren Ausbaus der Erneuerbaren Energien, in

die Lage versetzen, ein wesentlicher Bestandteil einer sicheren, preiswerten und importunabhängigen Stromversorgung von Industrie- und Haushaltskunden zu sein.

#### Thesen – Der Blick in die Zukunft

**Strombedarf** in Deutschland konstant, in Europa leicht steigend

**Erneuerbare Energien** Zuwachs bis 2025 in Deutschland auf 40 % bis 45 % an der Bruttostromerzeugung, in Europa etwas flacher

**Speicher** Pumpspeicherkraftwerke sind derzeit einzige großtechnisch verfügbare Technologie. Ein Durchbruch bei der Speicherung elektrischer Energie außerhalb von Pumpspeicherkraftwerken ist derzeit nicht in Sicht.

**Thermische Kraftwerke** Notwendig zur Bedarfsdeckung und Bereitstellung von Systemdienstleistungen wie Spannungs- und Frequenzhaltung

**Brennstoffe** Braunkohle hat einen langfristigen Kostenvorteil gegenüber Steinkohle und Erdgas und ist importunabhängig

**CO<sub>2</sub>** Verringerung der Emissionen um 40 % gegenüber 1990, steigende CO<sub>2</sub>-Preise

**Netzausbau** Nationaler und europäischer Netzausbau schreitet voran, Akzeptanzprobleme und hohe Kosten

**Regulierung** Zunehmende Einwirkung der Politik im Kontrast zu Marktmechanismen

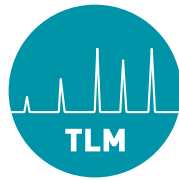
#### Literaturhinweise

[1] G. Heimann. Flexibilitätssteigerung von Braunkohlekraftwerken. VGB-PowerTech, 04/2015.

[2] S. Tappe. Technische Möglichkeiten zur Absenkung der Blockmindestlast braunkohlebefeuerter Kraftwerke. Kraftwerkstechnisches Kolloquium 2014. Dresden,

[3] S. Lysk, S. Tappe, P. Lange: Ergebnisse von Schwachlastuntersuchungen an den 920 MW Braunkohle-Dampferzeugern des Kraftwerkes Lippendorf. VGB PowerTech, 04/2015.

[4] AG Energiebilanzen, 27.02.2015



**TRANSFORMER-LIFE-MANAGEMENT  
CONFERENCE**

## Zusammenspiel konventioneller und erneuerbarer Stromerzeugung

### **Transformer Life Management Tagung 2015**

(21. September bis 22. September im Radisson Blu Hotel, Oberaltenburg 4, 06217 Merseburg)

**Autorenanschrift**

Vattenfall Europe Generation AG  
Dr. Stephanie Tappe  
Hermann-Löns-Str. 33  
03050 Cottbus  
E-Mail: [stephanie.tappe@vattenfall.de](mailto:stephanie.tappe@vattenfall.de)

Vattenfall Europe Generation AG  
Dr. Thomas Krüger  
Vom-Stein-Str. 39  
03050 Cottbus  
E-Mail: [thomas2.krueger@vattenfall.de](mailto:thomas2.krueger@vattenfall.de)



